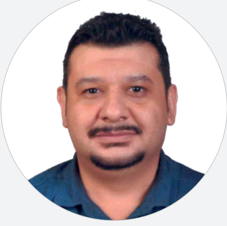
Planet redüktörlerde termal güç hesaplaması



Yiğit Ersoy
HİSTOGRAM Makine
Genel Koordinatörü
Mak Müh.



Planet redüktörler, devir düşürülerek yüksek tork elde etmek amacıyla tasarlanmıştır. Redüktörün çalışması sırasında, birbirine temas eden dişliler, keçeler, rulmanlar, miller gibi benzeri makine elemanları arasındaki sürtünme nedeniyle enerji kayıpları meydana gelmektedir. Kinematik bağlantılarda, enerji kayıpları ısıya dönüşür ve bunun sonucunda redüktör dişlileri ve rulmanlar ısınır. Ortaya çıkan bu ısının bir kısmı, redüktör dış gövdesi üzerinden atılırken, diğer bir kısmı ise sistemi yağlayan akışkana geçmektedir. Çalışma sırasında redüktörde oluşan ısının miktarı termal faktörler göz önüne alınarak kinematik bağlantılardaki enerji kayıpları bu verilere göre hesaplanmaktadır.

Redüktördeki yağ sıcaklığı 95 °C'nin üzerine çıktığında yağ karbonlaşarak yağlama görevini yerine getiremez. Bundan dolayı redüktör üzerinde oluşacak ısının kontrol altında tutulması gerekir. Sıcaklığın, kabul edilebilecek maksimum termal değeri aşması durumunda, redüktör gövdesinin yüzey alanını büyütülerek (Feder takviyesi yapılarak) veya ek soğutma sistemi kullanılarak sıcaklığın düşürülmesi sağlanmalıdır. 60°C yağ sıcaklığı üzerindeki çalışmalarda mineral bazlı yağdan, sentetik yağa geçilmesi gerekir.

Fakat aralıklı çalışmalar için redüktör giriş gücü, 95°C redüktör gövdesi sıcaklığını aşmamak şartıyla üreticinin termal değerini aşabilir.

Redüktörün gövde içerisinde kabul edilebilir bir çalışma yağ sıcaklığını korumak, redüktörün ömrü için önemlidir. Redüktör seçiminde yalnızca aktaracağı tork değeri değil, termal güç değeri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kontrolleri üretici firmaların kataloglarındaki termal yönden müsaade edilen termal güç (P_T) değerlerine bakarak yapmak mümkündür. Bu değerler belirli kabuller altında verilmiştir.

Bu kabuller şunlardır:

- Saat başına çalışma süresi
- Redüktör giriş devri
- Ortam sıcaklığı
- Redüktör montaj pozisyonu
- Yardımcı soğutma sisteminin olmaması
- Redüktör gövdesi içerisindeki maksimum yağ sıcaklığı
- Hava akış hızı
- Rakım

Hızlı hava akışı veya düşük ortam sıcaklığı çalışma koşullarında termal kapasite yükselebilir.

Redüktörün bazı olumsuz durumlarda kendi termal gücüyle çalışma kabiliyeti azalabilir. Olumsuz durumlara bazı örnekler:

- Kapalı bir alan

- Redüktörü kaplayan ve redüktörden çıkan ısının yayılımını azaltan bir yapı malzemesi

- Yüksek ortam sıcaklıkları, kazan ve türbin odaları veya sıcak işleme ekipmanları

- Yüksek rakımlar

- Solar enerji veya ışıma ısısının varlığı

- Isıl denge koşulundan (ortaya çıkan ısı miktarı, salınan ısı miktarına eşittir) yola çıkılarak, sistemin çalışma sıcaklığı belirlenir.

Termal güç aktarım değeri hesaplaması

- B_{ref} ve B_A doğal soğutmalarda ve fanlı soğutmalarda, B_V ise sadece doğal soğutmalara uygulanabilir.
- Ortam hava sıcaklığı 25°C'nin altındayken, B_{ref} termal kapasiteyi artırır. Fakat, ortam hava sıcaklığı 25°C'den yüksek olduğunda ise termal kapasiteyi azaltır.
- Çevredeki hava 1,4m/s'yi aşan bir sabit hıza ulaştığında, doğal yollarla ve işlem sırasında oluşan rüzgar alanları nedeniyle artan konveksiyonel ısı transferi, B_V değeri üzerinden termal kapasiteyi artırır. Tersine, 0,50m/s'lik bir ortam havası hızı ile termal kapasiteyi düşürür.
- Yüksek rakımlarda havanın yoğunluğundaki azalma, indirgeme faktörü B_A'nın kullanılmasını gerektirir.
- Planet redüktörler sürekli çalışmayıp, belirli periyotlarla sıfır hıza geliyorsa, ortaya çıkan 'soğuma-zamanı', B_D üzerinden termal kapasiteyi artırır.
- Standart maksimum izin verilebilir redüktör gövdesi sıcaklığı 95°C'dir. Daha düşük bir redüktör gövdesi sıcaklığı, B_T değeri üzerinden termal kapasitede bir azalma olmasını gerektirir. 95°C'lik maksimum izin verilebilir redüktör gövdesi sıcaklığı aşıldığında termal kapasite artacaktır ve bu bazı uygulamalarda kabul edilebilir bir redüktör performansı sağlayabilir. Ancak 95°C'nin üstünde çalışmasının keçelerin ömrünü azaltacağı, dişli ve rulmanların yüzeylerindeki bozulmayı artıracağı ve ba-





kım sıklığında artışa sebep olacağı unutulmamalıdır. 95°C'lik maksimum izin verilebilir redüktör gövdesi sıcaklığının aşılması söz konusu olduğunda redüktör üreticisine danışılmalıdır.

- Koşullar aşağıdaki tabloda verilen limitleri aştığında yada doğal ve fanlı soğutmadan başka soğutma tipleri için düzeltme faktörleri gerektiğinde redüktör üreticisine danışılmalıdır.

Sembol	Açıklama
B_{ref}	Termal faktör, Ortam sıcaklığı
B_A	Termal faktör, Rakım
B_T	Termal faktör, Maksimum yağ tankı sıcaklığı
B_D	Termal faktör, 1 saat başına çalışma süresi
B_V	Termal faktör, Hava hızı
$i=n_1/n_2$	Dişli oranı
n_1[1/dak]	Giriş hızı
n_2[1/dak]	Çıkış hızı
η	Redüktör verimi
P_1[kW]	Giriş gücü
P_{1m}[kW]	Giriş gücü, nominal
P_T[kW]	Dişli kutusunun termal değeri
P_T'[kW]	Düzenlenmiş termal güç değeri
T_2[Nm]	Çıkış torku

Tablo 1: Termal Değer Hesaplamalarında Kullanılan Kısaltmalar

Termal Faktör									
Ortam sıcaklığı (B_{ref})		Rakım (B_A)		Maks. redüktör gövdesi sıcaklığı (B_T)		Bir saatteki çalışma süresi (B_D)		Ortamdaki hava hızı (B_V)	
°C	B_{ref}	m	B_A	°C	B_T	%	B_D	m/s	B_V
10	1.11	0-deniz seviyesi	1	60	0.38	100	1.00	≤0.5	0.75
15	1.06	750	0.95	65	0.46	80	1.05	>0.5, ≤1.4	1.00
20	1.00	1500	0.90	70	0.55	60	1.15	>1.4, <3.7	1.40
25	0.94	2250	0.85	75	0.63	40	1.35	≥3.7	1.90
30	0.88	3000	0.81	80	0.72	20	1.80		
35	0.82	3750	0.76	85	0.81				
40	0.75	4500	0.72	90	0.90				
45	0.68	5250	0.68	95	1.00				
50	0.60								
- Faktörler ISO/TR 13593 'e ve ISO/TR 14179-1:2001 'e göre belirlenmiştir. - Termal faktör B_T dişli kutusu sıcaklığına etki eden birçok değişkenin sadeleştirilmiş halidir. Hesaplanan ve ölçülen değerler arasında farklar oluşabilir.									

Tablo 2: Termal Faktör

Giriş gücü ve çıkış torku arasındaki ilişki şu formülle belirlenebilir:

$$P_1 = \frac{T_2 \times n_2}{9550 \times \eta}$$

$$T_2 = \frac{P_1 \times 9550 \times \eta}{n_2}$$

Giriş şaftındaki güç giriş güç değeri (P_1) tablo 2'den alınmış ve sıcaklık faktörleriyle (B_{ref}, B_A, B_T, B_D, B_V) çarpılmış olan termal güçten düşük olmalıdır.

$$P_1 \leq P_T' = P_T \times B_{ref} \times B_A \times B_T \times B_D \times B_V$$

Seçim örneği (Termal güç aktarım değeri hesaplaması)

Redüktör için seçilen Giriş Gücü (P_1) değeri 25 kW nominal termal değer (P_T) 10 kW'dır.

Gerçek değer, ilgili tablodaki termal faktörler kullanılarak hesaplanabilir. Ortam sıcaklığı için maksimum ortam sıcaklığı kullanılmalıdır.

Termal değer için kullanılan tablo değerleri:

Ortam sıcaklığı: 45°C → B_{ref} = 0,68

Hava hızı: 1,2m/s → B_V = 1

Maks. redüktör gövdesi sıcaklığı: 95°C → B_T = 1

Çalışma süresi: %80 → B_D = 1,05

Rakım: 1500m → B_A = 0,90

Redüktör etrafındaki hava akışı kısıtlanmamış. (Hava akışını bloklayan muhafazalar veya yapılar redüktörün termal değerini azaltacaktır.)

Güneş ışığına veya diğer ısı kaynaklarına karşı yeterli koruma vardır.

$$P_1 \leq P_T' = P_T \times B_{ref} \times B_A \times B_T \times B_D \times B_V \Rightarrow$$

$$25 \leq P_T' = 10 \times 0,68 \times 0,90 \times 1 \times 1,05 \times 1 = 6,42kW$$

$$\Rightarrow 25kW \geq 6,42kW$$

Olduğundan dolayı;

Redüktörün termal değeri yeterli değildir ve ek soğutma gereklidir.

Referanslar

[1] ISO/TR 13593:1999 Enclosed gear drives for industrial applications

[2] ISO/TR 14179-1:2001 Gears- Thermal capacity- Part 1: Rating gear drives with thermal equilibrium at 95 °C sump temperature

[3] ISO/TR 14179-2:2001 Gears- Thermal capacity- Part 2: Thermal load-carrying capacity

[4] PDS Planet Dişli Sistemleri ürün kataloğu.

[5] Reggiana Riduttori ürün kataloğu.

[6] KUMERA helis ve konik redüktörler kataloğu

HiSTOGRAM MAKİNA